

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-077456

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/028

G02B 5/26

G02B 5/28

H01S 5/22

(21)Application number : 11-253470

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 07.09.1999

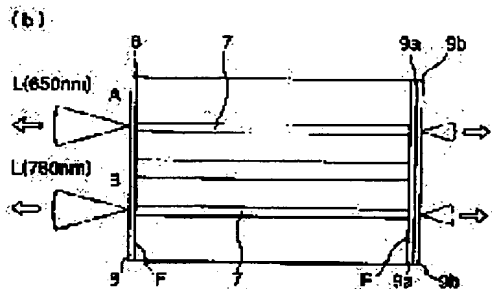
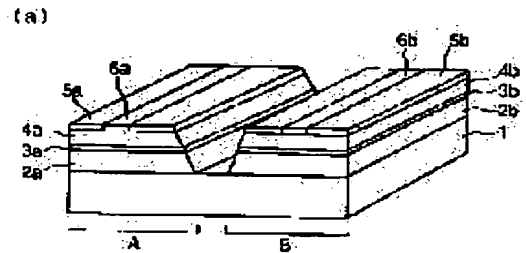
(72)Inventor : HONDA KAZUO

(54) SEMICONDUCTOR LASER AND COATING FILM FOR OPTICAL COMPONENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a semiconductor laser which emits a plurality of laser beams, having different oscillation wavelengths and on the end face of which coating films which do not change much in reflectance are formed, and a coating film for optical components provided on the surface of optical parts which transmits a plurality of light beams having different wavelengths.

SOLUTION: A semiconductor laser has a plurality of active layers 3a and 3b and emits a plurality of laser beam, having different oscillation wavelengths. The laser also has coating films 8, 9a, and 9b, the optical film thickness of which are controlled so that their reflectances become extremal values with respect to the plurality of laser beams. Among a number (j) of the coating films, a number (k) of oscillation wavelengths an oscillation wavelength λ_i (i is a natural number up to k), a refractive index n_{ij} of a j-th coating film at λ_i , and a film thickness d_i of the j-th coating film, the relation $Sn_{ij}d_j/\lambda_j = m_j/4$ (m_j is an integer) is established. A coating film for optical parts have similar characteristics to those of the coating films.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.01.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**Japanese Unexamined Patent Publication
No. 77456/2001 (*Tokukai* 2001-77456)**

A. Relevance of the Above-identified Document

The following is a partial English translation of exemplary portions of non-English language information that may be relevant to the issue of patentability of the claims of the present application.

B. Translation of the Relevant Passages of the Document

See also the attached English Abstract.

[Claim 9]

The semiconductor laser as set forth in claim 3, wherein:

the number K of said oscillation wavelengths is 2, and said oscillation wavelengths λ_1 and λ_2 are nearby 650 nm and 780 nm, respectively.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-77456

(P2001-77456A)

(43)公開日 平成13年3月23日(2001.3.23)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 S 5/028		H 0 1 S 5/028	2 H 0 4 8
G 0 2 B 5/26		G 0 2 B 5/26	5 F 0 7 3
	5/28		
H 0 1 S 5/22	6 1 0	H 0 1 S 5/22	6 1 0

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-253470

(22)出願日 平成11年9月7日(1999.9.7)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 本田 和生

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74)代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

Fターム(参考) 2H048 FA05 FA24 GA04 GA13 GA32

GA34 GA61

5F073 AA07 AA83 AB06 BA05 CA07

CB02 DA33 EA04

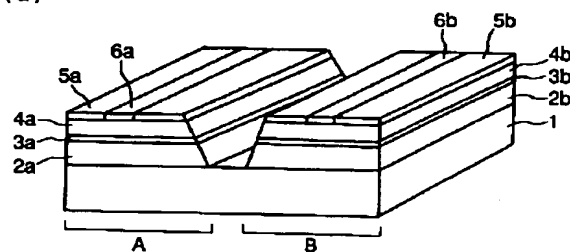
(54)【発明の名称】 半導体レーザおよび光学部品用コート膜

(57)【要約】

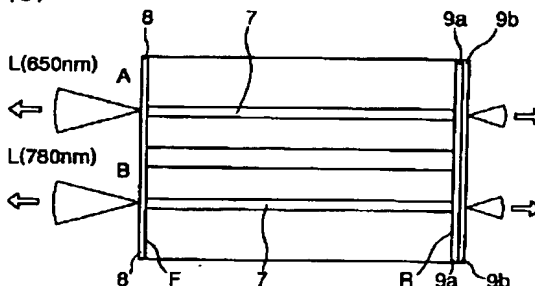
【課題】発振波長の異なる複数のレーザ光を出射し、端面に反射率の変動の少ないコート膜が形成された半導体レーザ、および波長の異なる複数の光が透過する光学部品の表面に設けられる光学部品用コート膜を提供する。

【解決手段】複数の活性層3a、3bを有し、発振波長の異なる複数のレーザ光を出射する半導体レーザであって、前端面Fおよび後端面Rのうち少なくとも一方に、前記複数のレーザ光に対して反射率が極値となるように光学的膜厚を制御されたコート膜8、9a、9bを有し、コート膜の層数をj、発振波長の数をk、発振波長を λ_i (i はkまでの自然数)、 λ_i におけるj層目のコート膜の屈折率を $n_{i,j}$ 、j層目のコート膜の膜厚を d_i とすると、 λ_i において $\sum n_{i,j} \cdot d_i / \lambda_i = m_i / 4$ (m_i は整数)が成り立つ半導体レーザ、および前記コート膜と同様な特性を有する光学部品用コート膜。

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項1】組成の異なる複数の活性層を有し、発振波長の異なる複数のレーザ光を出射する半導体レーザであって、

レーザ光出射側の前端面およびその裏側の後端面のうち少なくとも一方にコート膜を有し、

前記コート膜は前記複数のレーザ光に対して反射率が極値となるように光学的膜厚を制御された半導体レーザ。

【請求項2】前記コート膜は層数が j (j は1以上の自然数)であり、前記発振波長の数を k (k は2以上の自然数)、前記発振波長を λ_i (i は1から k までの自然数)、発振波長 λ_i における前記 j 層目のコート膜の屈折率を $n_{i,j}$ 、前記 j 層目のコート膜の膜厚を d_j としたとき、発振波長 λ_i においてそれぞれ、

$$\sum n_{i,j} \cdot d_j / \lambda_i = m_i / 4 \quad (m_i \text{ は整数})$$

が成り立つ請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】前記発振波長の数 k が2であり、 a 、 b が整数のとき、

$$\lambda_1 = a (\lambda_2 - \lambda_1) \quad \text{かつ} \quad \lambda_2 = b (\lambda_2 - \lambda_1)$$

が成り立つ請求項2記載の半導体レーザ。

【請求項4】前記コート膜は誘電体からなる請求項2記載の半導体レーザ。

【請求項5】前記コート膜の少なくとも1層は、前記発振波長およびその近傍の波長において、屈折率が波長に依存して変化する波長分散特性を有する請求項2記載の半導体レーザ。

【請求項6】前記発振波長およびその近傍の波長において、前記波長分散特性を有する前記コート膜は、 TiO_2 系、 SrTiO_3 系、カルコゲナイト系、 LiNbO_3 を含む LiNbO_3 系、 PbTiO_3 系、 PLZT 系 ($\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$)、 KTP (KTiOPO_4) のいずれかを含有する請求項5記載の半導体レーザ。

【請求項7】前記発振波長の数 k が2、 $m_2 - m_1$ が偶数であり、発振波長 λ_1 、 λ_2 における反射率がともに極大値となる請求項2記載の半導体レーザ。

【請求項8】前記発振波長の数 k が2、 $m_2 - m_1$ が奇数であり、発振波長 λ_1 、 λ_2 における反射率の一方が極大値、他方が極小値となる請求項2記載の半導体レーザ。

【請求項9】前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 、 λ_2 がそれぞれ650nm、780nmの近傍である請求項3記載の半導体レーザ。

【請求項10】前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 、 λ_2 がそれぞれ780nm、840nmの近傍である請求項3記載の半導体レーザ。

【請求項11】前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 、 λ_2 がそれぞれ840nm、980nmの近傍である請求項3記載の半導体レーザ。

【請求項12】前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 が405nmの近傍、 λ_2 が675nmまたは630nmの近傍である請求項3記載の半導体レーザ。

【請求項13】前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 、 λ_2 がそれぞれ520nm、650nmの近傍である請求項3記載の半導体レーザ。

【請求項14】前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 が360nmの近傍、 λ_2 が420nmまたは405nmの近傍である請求項3記載の半導体レーザ。

【請求項15】前記発振波長のうち少なくとも1つにおける反射率は、前記コート膜を形成しない場合と同程度以下の低反射率であり、他の少なくとも1つの発振波長における反射率は相対的に高反射率である請求項2記載の半導体レーザ。

【請求項16】前記低反射率はほぼ30%以下であり、前記高反射率はほぼ50%以上である請求項15記載の半導体レーザ。

【請求項17】前記活性層は、第1導電型クラッド層と第2導電型クラッド層との層間の接合部に形成されている請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項18】前記活性層は電流狭窄構造を有する請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項19】波長の異なる複数の光が透過する光学部品の表面に形成され、前記表面を保護し、前記表面の反射率を制御する光学部品用コート膜であって、

前記光学部品用コート膜の光学的膜厚は、前記複数の光に対して反射率が極値となるように制御されており、

前記光学部品用コート膜は層数が j (j は1以上の自然数)であり、前記光の数を k (k は2以上の自然数)、前記光の波長を λ_i (i は1から k までの自然数)、波長 λ_i における前記 j 層目の光学部品用コート膜の屈折率を $n_{i,j}$ 、前記 j 層目の光学部品用コート膜の膜厚を d_j としたとき、波長 λ_i においてそれぞれ、

$$\sum n_{i,j} \cdot d_j / \lambda_i = m_i / 4 \quad (m_i \text{ は整数})$$

が成り立つ光学部品用コート膜。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、同一の基板上に発振波長の異なる複数のレーザダイオードが形成された半導体レーザに関し、特に、各レーザダイオードの端面にレーザ出力を制御し、端面を保護するコート膜が形成された半導体レーザに関する。また、本発明は、波長の異なる複数の光が透過する光学部品の表面に用いられる光学部品用コート膜に関する。

【0002】

【従来の技術】光を照射して情報の記録または再生を行う光記録媒体（以下、光ディスクとする。）としては、例えばコンパクトディスク（CD）、ミニディスク（M

D)あるいはデジタルビデオディスク(DVD)等が挙げられる。上記のような光ディスクには、光ディスクの種類に応じて波長の異なる光が照射される。例えば、CDの再生には780nm帯の波長の光が、また、DVDの再生には650nm帯の波長の光がそれぞれ用いられる。

【0003】したがって、種類の異なる光ディスクに対して互換性を有する光記録・再生装置には、発振波長の異なる複数の光源が必要となる。光記録・再生装置には光源として通常レーザダイオードが用いられるが、複数のレーザダイオードを別途に形成する場合には装置の小型化が困難となり、製造工程も複雑化する。上記の問題を解決するため、同一の基板上に発振波長の異なる複数のレーザダイオードが形成された多重波長モノリシック半導体レーザの開発が進められている。

【0004】端面発光型の多重波長半導体レーザの構成について、図1(a)の斜視図および図1(b)の上面図を参照して説明する。図1の半導体レーザは例えばn-GaAsからなる基板1上に、DVD再生用の650nm帯の波長のレーザ光を出射するレーザダイオードAと、CD再生用の780nm帯の波長のレーザ光を出射するレーザダイオードBとを有する。レーザダイオードAの光出射部とレーザダイオードBの光出射部との間隔は200μm以下、例えば100μm程度とされることが多い。

【0005】レーザダイオードA部分には基板1上に例えばn-AlGaInPからなるn-クラッド層2aと、例えばGaInPからなる活性層3aと、例えばp-AlGaInPからなるp-クラッド層4aと、例えばp-GaAsからなるキャップ層5aとが順に積層されている。p-クラッド層4aの表面にはストライプ6aを除き高抵抗層が形成されている。図示しないがキャップ層5aの上部にはp型電極が形成され、基板1の下部にはn型電極が形成されている。

【0006】レーザダイオードB部分には基板1上に例えばn-AlGaAsからなるn-クラッド層2bと、例えばAlGaAsからなる活性層3bと、例えばp-AlGaAsからなるp-クラッド層4bと、例えばp-GaAsからなるキャップ層5bとが順に積層されている。p-クラッド層4bの表面にはストライプ6bを除き高抵抗層が形成されている。図示しないが、キャップ層5bの上部にはp型電極が形成され、基板1の下部*

$$d_s = (\lambda/2)/n_s \approx 200.6 \text{ (nm)}$$

あるいはその倍数とすれば、安定した反射率が得られる。

【0011】また、リア端面Rについては高反射率とする必要があるが、上記のAl_{0.3}O₃等を単層で用いた場合には、いずれも反射率が50%未満となるため、複層のコート膜を形成する。例えば図1のレーザダイオードAについて、発振波長λが650nmであり、1層目の

*にはn型電極が形成されている。

【0007】レーザダイオードA、Bにおいて共振器は活性層3a、3bに形成される。また、高抵抗層はp-クラッド層4a、4bの表面にn型不純物をイオン注入することにより形成され、高抵抗層に挟まれたストライプ状の領域6a、6bは低抵抗層として残される。高抵抗層を選択的に形成することにより、図1(b)に示すように利得導波構造(電流狭窄構造)となり、電流の流れる領域、すなわち光利得の生じる領域を制御することが可能となる。

【0008】図1(b)に示すように、レーザ光Lはフロント端面Fから出射するが、リア端面Rからも一部損失する。発光領域(光導波路)7の両端であるフロント端面Fおよびリア端面Rはミラー面となっている。端面をミラー面とするには、通常、ウェハをへき開させる。あるいは、へき開させるかわりにエッチングによりミラー面を形成することもある。また、端面の反射率を制御したり、へき開面の劣化を防ぐ目的で、へき開面に例えば誘電体からなるコート膜が形成される場合もある。

【0009】端面に形成されるコート膜(誘電体膜)としては、例えばAl₂O₃、アモルファスシリコン、SiO₂、Si₃N₄の単層膜あるいはこれらの膜を積層させた多層膜が用いられる。これらのコート膜の膜厚を変化させることにより、端面の反射率を調整することができる。通常、フロント端面Fを低反射率(例えば30%以下)とし、リア端面Rを高反射率(例えば50%以上、好適には70%以上)とする。エネルギー変換効率やフロント/リアの出力比などは端面の反射率に依存する。したがって、端面の反射率を制御するコート膜は、半導体レーザの設計パラメータとして重要なもののひとつである。

【0010】端面にコート膜を形成する場合、端面の反射率はコート膜の膜厚の増加に伴い、周期的に変動する。発振波長をλとしたとき、端面に形成するコート膜の膜厚を、λ/4あるいはその倍数に基づいて設計すると、反射率は極大値あるいは極小値となる。したがって、成膜ばらつき等に起因する反射率の変動を最小限に抑えることができる。例えば、図1のレーザダイオードAにおいて、発振波長λが650nmであり、屈折率n₁が1.62であるAl₂O₃を用いてフロント端面Fに誘電体膜8を形成する場合、誘電体膜8の膜厚d_sを、

$$d_s = (\lambda/2)/n_s \approx 200.6 \text{ (nm)} \quad \dots (1)$$

誘電体膜9aとして例えばAl₂O₃膜を、2層目の誘電体膜9bとして例えばアモルファスシリコン膜を形成する場合には、各層の膜厚を例えば以下のように決定する。

【0012】屈折率n₁が1.62であるAl₂O₃膜の膜厚d_{s1}を、

$$d_{s1} = (\lambda/4) / n_1 \approx 100.3 \text{ (nm)} \quad \dots (2)$$

あるいはその倍数とし、屈折率 n_2 が3.25であるアモルファスシリコン膜の膜厚 d_{s2} を、

$$d_{s2} = (\lambda/4) / n_2 \approx 50.0 \text{ (nm)} \quad \dots (3)$$

あるいはその倍数とする。上記のように、端面に形成される誘電体膜の膜厚を $\lambda/4$ の整数倍あるいはその組み合わせに基づいて決定することにより、誘電体膜の成膜のばらつき等に起因した膜厚や屈折率のばらつきがある場合にも、安定した反射率が得られる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】多重波長モノリシック半導体レーザの場合、理想的には、発振波長の異なるレーザダイオードのそれぞれに上記の従来の設計による誘電体膜を形成することが望ましい。しかしながらその場合、端面コートを複数回行う必要があり、製造工程の複雑化が問題となる。

【0014】例えば、CD再生用のレーザダイオードとDVD再生用のレーザダイオードとを同一基板上に形成する場合には、まず、いずれか一方、例えばDVD用（波長650nm帯）のレーザダイオードの端面をマスクングした状態で、CD用（波長780nm帯）のレーザダイオードの端面に誘電体膜を形成する。その後、DVD用レーザダイオードの端面のマスクングを除去し、CD用のレーザダイオードの端面をマスクングしてから、DVD用のレーザダイオードの端面に誘電体膜を形成する。このような端面コートをフロント端面とリア端面の両方に行う必要がある。リア端面には通常、複層の誘電体膜が形成されるため、特に製造工程数が増加する。

【0015】上記のように製造工程数が増加するのを避けるため、端面コートの最適波長を一方のレーザダイオードに合わせ、同一基板上の複数のレーザダイオードに同時に端面コートを形成する方法もある。しかしながら、この場合、設計の基準とした波長のレーザダイオードにおいては成膜ばらつきに対して安定した反射率が得られるが、他方のレーザダイオードにおいては成膜ばらつきに対する反射率の安定性が犠牲となる。

【0016】モノリシックに形成された複数のレーザダイオードのそれぞれにおいて、端面の誘電体膜の反射率の変動を少なくするため、レーザダイオードの発振波長のうち最小値と最大値の間の所定の値（仮定の波長）を基準としてコート膜の設計を行う方法も考えられる。例えば、各レーザダイオードの発振波長の相加平均値である波長に対してコート膜の膜厚を最適化すれば、各レーザダイオードにおいて端面の反射率の変動が適度に抑制され、かつ、1回の端面コートで複数のレーザダイオードの端面にコート膜を形成することができる。

【0017】しかしながら、上記のように各発振波長の相加平均値、あるいは各発振波長のほぼ中間の波長に合わせた端面コートの設計によれば、各発振波長における反射率は極値近傍の値となるが、極値とすることはでき

ないため、反射率の変動が問題となる場合もある。特に、各発振波長の波長差が大きい場合には、反射率の極値からのずれが大きくなるため、成膜ばらつき等による反射率の変動が顕著となりやすい。また、発振波長が短波長の場合にも反射率の変動は大きくなりやすい。

【0018】以上のように、多重波長モノリシック半導体レーザにおいて、レーザダイオードのそれぞれに反射率の変動が最小となる端面コートを形成するには、マスクング等の作業が必要となり製造工程数が増加する。しかしながら、発振波長の異なる複数のレーザダイオードに共通の膜厚の端面コートを施すと、製造工程の煩雑化は避けられるが、反射率の変動を十分に抑制することができなくなる。

【0019】本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、したがって本発明は、同一の基板上に材料・組成の異なる複数の活性層が形成され、発振波長の異なる複数のレーザ光を出射可能である半導体レーザであって、複数の活性層の端面に反射率の変動の少ない誘電体膜が形成された半導体レーザを提供することを目的とする。また、本発明は光学部品の表面に形成される光学部品用コート膜であって、成膜ばらつき等に起因する反射率の変動が抑制された光学部品用コート膜を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の半導体レーザは、組成の異なる複数の活性層を有し、発振波長の異なる複数のレーザ光を出射する半導体レーザであって、レーザ光出射側の前端面およびその裏側の後端面のうち少なくとも一方にコート膜を有し、前記コート膜は前記複数のレーザ光に対して反射率が極値となるように光学的膜厚を制御されたことを特徴とする。

【0021】本発明の半導体レーザは、好適には、前記コート膜は層数が j （ j は1以上の自然数）であり、前記発振波長の数を k （ k は2以上の自然数）、前記発振波長を λ_i （ i は1から k までの自然数）、発振波長 λ_i における前記 j 層目のコート膜の屈折率を n_{i1} 、前記 j 層目のコート膜の膜厚を d_i としたとき、発振波長 λ_i においてそれぞれ、

$$\sum n_{i1} \cdot d_i / \lambda_i = m_i / 4 \quad (m_i \text{ は整数})$$

が成り立つことを特徴とする。

【0022】本発明の半導体レーザは、好適には、前記発振波長の数 k が2であり、 a 、 b が整数のとき、 $\lambda_1 = a(\lambda_2 - \lambda_1)$ かつ $\lambda_2 = b(\lambda_2 - \lambda_1)$ が成り立つことを特徴とする。

【0023】本発明の半導体レーザは、好適には、前記

コート膜は誘電体からなることを特徴とする。本発明の半導体レーザは、好適には、前記コート膜の少なくとも1層は、前記発振波長およびその近傍の波長において、屈折率が波長に依存して変化する波長分散特性を有することを特徴とする。本発明の半導体レーザは、さらに好適には、前記発振波長およびその近傍の波長において、前記波長分散特性を有する前記コート膜は、 TiO_2 系、 SrTiO_3 系、カルコゲナイト系、 LiNbO_3 を含む LiNbO_3 系、 PbTiO_3 系、 PLZT 系($\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$)、 KTP (KTiOPO_4)のいずれかを含有することを特徴とする。

【0024】本発明の半導体レーザは、好適には、前記発振波長の数 k が2、 $m_2 - m_1$ が偶数であり、発振波長 λ_1 、 λ_2 における反射率がともに極大値となることを特徴とする。あるいは、本発明の半導体レーザは、好適には、前記発振波長の数 k が2、 $m_2 - m_1$ が奇数であり、発振波長 λ_1 、 λ_2 における反射率の一方が極大値、他方が極小値となることを特徴とする。

【0025】本発明の半導体レーザは、好適には、前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 、 λ_2 がそれぞれ650nm、780nmの近傍であることを特徴とする。あるいは、本発明の半導体レーザは、好適には、前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 、 λ_2 がそれぞれ780nm、840nmの近傍であることを特徴とする。あるいは、本発明の半導体レーザは、好適には、前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 、 λ_2 がそれぞれ840nm、980nmの近傍であることを特徴とする。あるいは、本発明の半導体レーザは、好適には、前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 が405nmの近傍、 λ_2 が675nmまたは630nmの近傍であることを特徴とする。あるいは、本発明の半導体レーザは、好適には、前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 、 λ_2 がそれぞれ520nm、650nmの近傍であることを特徴とする。あるいは、本発明の半導体レーザは、好適には、前記発振波長の数 k が2であり、前記発振波長 λ_1 が360nmの近傍、 λ_2 が420nmまたは405nmの近傍であることを特徴とする。

【0026】本発明の半導体レーザは、好適には、前記発振波長のうち少なくとも1つにおける反射率は、前記コート膜を形成しない場合と同程度以下の低反射率であり、他の少なくとも1つの発振波長における反射率は相対的に高反射率であることを特徴とする。本発明の半導体レーザは、さらに好適には、前記低反射率はほぼ30%以下であり、前記高反射率はほぼ50%以上であることを特徴とする。本発明の半導体レーザは、好適には、前記活性層は、第1導電型クラッド層と第2導電型クラッド層との層間の接合部に形成されていることを特徴とする。本発明の半導体レーザは、好適には、前記活性層は電流狭窄構造を有することを特徴とする。

【0027】これにより、同一基板上に形成された発振波長の異なる複数のレーザダイオードのそれぞれにおいて、端面の反射率を安定させることが可能となる。本発明の半導体レーザによれば、各レーザダイオードに共通の膜厚のコート膜が形成されるため、製造工程を簡略化することが可能である。また、コート膜の膜厚は各発振波長に対して最適化されているため、成膜ばらつきによる膜厚あるいは屈折率の変動があった場合にも、安定した反射率が得られる。

【0028】上記の目的を達成するため、本発明の光学部品用コート膜は、波長の異なる複数の光が透過する光学部品の表面に形成され、前記表面を保護し、前記表面の反射率を制御する光学部品用コート膜であって、前記光学部品用コート膜の光学的膜厚は、前記複数の光に対して反射率が極値となるように制御されており、前記光学部品用コート膜は層数が j (j は1以上の自然数)であり、前記光の数を k (k は2以上の自然数)、前記光の波長を λ_i (i は1から k までの自然数)、波長 λ_i における前記 j 層目の光学部品用コート膜の屈折率を n_{ji} 、前記 j 層目の光学部品用コート膜の膜厚を d_j としたとき、波長 λ_i においてそれぞれ、 $\sum n_{ji} \cdot d_j / \lambda_i = m_i / 4$ (m_i は整数)が成り立つことを特徴とする。

【0029】これにより、例えばレーザの共振器など、特定の波長の光を透過する光学部品の表面において、反射率の制御を容易に行うことが可能となる。本発明の光学部品用コート膜によれば、複数の波長に対して反射率が安定となるため、波長の異なる複数の光に対してそれぞれ、膜厚が最適化されたコート膜を形成する必要がない。したがって、コーティングの回数を減らし、作業を簡略化することが可能となる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の半導体レーザおよび光学部品用コート膜の実施の形態について図面を参照して説明する。

(実施形態1) 図1(a)は本実施形態の半導体レーザの斜視図であり、図1(b)は対応する上面図である。図1の半導体レーザは例えば $n\text{-GaAs}$ からなる基板1上に、DVD再生用の650nm帯の波長のレーザ光を出射するレーザダイオードAと、CD再生用の780nm帯の波長のレーザ光を出射するレーザダイオードBとを有する。レーザダイオードAの光出射部とレーザダイオードBの光出射部との間隔は200 μm 以下、例えば100 μm 程度とされることが多い。

【0031】レーザダイオードA部分には基板1上に例えば $n\text{-AlGaInP}$ からなる n -クラッド層2aと、例えば GaInP からなる活性層3aと、例えば $p\text{-AlGaInP}$ からなる p -クラッド層4aと、例えば $p\text{-GaAs}$ からなるキャップ層5aとが順に積層されている。 p -クラッド層4aの表面にはストライプ6

aを除き高抵抗層が形成されている。図示しないがキャップ層5aの上部にはTi/Pt/Auの積層膜からなるp型電極が形成されている。

【0032】レーザダイオードB部分には基板1上に例えばn-AlGaAsからなるn-クラッド層2bと、例えばAlGaAsからなる活性層3bと、例えばp-AlGaAsからなるp-クラッド層4bと、例えばp-GaAsからなるキャップ層5bとが順に積層されている。p-クラッド層4bの表面にはストライプ6bを除き高抵抗層が形成されている。図示しないが、キャップ層5bの上部にはTi/Pt/Auの積層膜からなるp型電極が形成されている。また、レーザダイオードA部分およびレーザダイオードB部分に共通して、基板1の下部にAuGe/Ni/Auの積層膜からなるn型電極が形成されている。

【0033】レーザダイオードA、Bにおいて共振器は活性層3a、3bに形成される。また、高抵抗層はp-クラッド層4a、4bの表面にn型不純物をイオン注入することにより形成され、高抵抗層に挟まれたストライプ状の領域6a、6bは低抵抗層として残される。高抵抗層を選択的に形成することにより、図1(b)に示すように利得導波構造(電流狭窄構造)となり、電流の流れる領域、すなわち光利得の生じる領域を制御することが可能となっている。

【0034】図1(b)に示すように、フロント端面FにはレーザダイオードA部分およびレーザダイオードB部分に共通して、屈折率 n_1 が1.62であるAl₂O₃からなり、膜厚 d_1 が1204nmである誘電体膜8が形成されている。また、リア端面RにはレーザダイオードA部分およびレーザダイオードB部分に共通して、Al₂O₃からなり膜厚 d_2 が1100nmである1層目の誘電体膜9aが形成されている。さらに、その表面に屈折率 n_2 が3.25であるアモルファスシリコンか*

$$n_1 \cdot d_1 / \lambda_1 = m_1 / 4 \quad (m_1 \text{ は整数}) \cdots (4)$$

$$n_1 \cdot d_1 / \lambda_2 = m_2 / 4 \quad (m_2 \text{ は整数}) \cdots (5)$$

また、 λ_1 と λ_2 は以下の関係をほぼ満たしている。

$$\lambda_1 = a(\lambda_2 - \lambda_1) \quad \text{かつ} \quad \lambda_2 = b(\lambda_2 - \lambda_1)$$

$$(a \text{ および } b \text{ は整数}) \cdots (6)$$

$m_1 - m_2$ が偶数の場合には、発振波長 λ_1 、 λ_2 に対して反射率がともに極大値となる。 $m_1 - m_2$ が奇数の場合には、発振波長 λ_1 、 λ_2 の一方に対して反射率が極大値となり、他方に対して反射率が極小値となる。

【0038】同一の基板上に形成された複数のレーザダイオードの発振波長が上記の(4)~(6)の関係を満たすとき、各レーザダイオードの端面の反射率を極値とすることができる。したがって、実用化されている他の発振波長の組み合わせの場合についても、上記の本実施形態と同様に、成膜ばらつき等による反射率の変動を防止することができる。例えば、レーザダイオードの発振波長の組み合わせが $\lambda_1 = 780 \text{ nm}$ 、 $\lambda_2 = 840 \text{ nm}$

*らなり、膜厚 d_2 が50nmである2層目の誘電体膜9bが形成されている。これらの誘電体膜8、9a、9bは例えばスパッタリング等の方法により成膜される。本実施形態の半導体レーザによれば、フロント端面の誘電体膜8およびリア端面の誘電体膜9a、9bの膜厚はいずれも、レーザダイオードA、Bの発振波長における反射率が極大となるように設定されている。

【0035】本実施形態の半導体レーザのフロント端面に形成される誘電体膜8の膜厚と反射率との関係を図2(a)に示す。また、誘電体膜8が形成されたフロント端面における、波長と反射率との関係を図2(b)に示す。図2は、レーザダイオードA(発振波長 $\lambda_1 = 650 \text{ nm}$)の共振器の屈折率を3.45、レーザダイオードB(発振波長 $\lambda_2 = 780 \text{ nm}$)の共振器の屈折率を3.59として計算を行った結果である。

【0036】レーザダイオードA(発振波長 $\lambda_1 = 650 \text{ nm}$)については、前述した(1)式から、誘電体膜8の膜厚 d_1 が200.6nmおよびその倍数のときに反射率が極大となる。同様な計算から、レーザダイオードB(発振波長 $\lambda_2 = 780 \text{ nm}$)については誘電体膜8の膜厚 d_1 が240.7nmおよびその倍数のときに反射率が極大となる。図2(a)に示すように、誘電体膜8の膜厚をほぼ1200nmにしたとき、2つの発振波長の差による位相のずれが 2π となる。このときの波長と反射率との関係を図2(b)に示した。図2(b)に示すように、レーザダイオードA、Bのいずれの発振波長においても反射率が極大となる。したがって、両方のレーザダイオードにおいて反射率の変動が抑制される。

【0037】ここで、上記の発振波長 λ_1 、 λ_2 および反射率が極大となる膜厚 d_1 との間には以下のような関係が成り立つ。 n_1 は λ_1 および λ_2 におけるAl₂O₃の屈折率である。

m の場合、あるいは $\lambda_1 = 840 \text{ nm}$ 、 $\lambda_2 = 980 \text{ nm}$ の場合などにも、同様の効果が得られる。

【0039】また、3つ以上の異なる発振波長のレーザ光を射出するモノリシックレーザについても、上記の(4)~(6)の関係を満たせば、同様に各発振波長において反射率の変動を防止することができる。上記の本実施形態において、誘電体膜8の膜厚が1200nmの倍数である場合にも λ_1 、 λ_2 の両方で反射率が極大となるが、同一の反射率が得られる複数の膜厚のうち、最小の値を膜厚とするのが好ましい。これにより、成膜時間を短縮して生産効率を上げることができ、また、膜厚の増大により成膜ばらつきが顕著となるのを防止するこ

とができる。

【0040】（実施形態2）上記の実施形態1の半導体レーザにおいて、フロント端面の誘電体膜8に波長分散のある材料を用いると、誘電体膜8を薄膜化することが可能となる。実施形態1の Al_2O_3 にかえて、例えば TiO_2 系材料（波長650nmにおける屈折率 $n_{j0} = 2.457$ 、波長780nmにおける屈折率 $n_{j0} = 2.36$ ）を用いた場合の誘電体膜8の膜厚と反射率との関係を図3（a）に示す。

【0041】前述した（1）式と同様な計算から、レーザダイオードA（発振波長 $\lambda_1 = 650nm$ ）については誘電体膜8の膜厚 d_8 が132.3nmおよびその倍数のときに反射率が極大となる。また、レーザダイオード*

$$n_{j0} \cdot d_8 / \lambda_1 = m_1 / 4 \quad (m_1 \text{ は整数}) \cdots (4')$$

$$n_{j0} \cdot d_8 / \lambda_2 = m_2 / 4 \quad (m_2 \text{ は整数}) \cdots (5')$$

$$\lambda_1 = a(\lambda_2 - \lambda_1) \quad \text{かつ} \quad \lambda_2 = b(\lambda_2 - \lambda_1)$$

（aおよびbは整数）

$\cdots (6)$

となる。波長分散のある材料を用いる場合にも、各発振波長における光学長（光学の膜厚）が、位相差の観点から $\lambda/4$ の整数倍となっていれば、反射率の変動を防止することができる。本実施形態によれば、実施形態1に比較して誘電体膜8が薄膜化される。したがって、膜種を適宜選択すれば成膜時間を短縮することも可能である。

【0044】（実施形態3）図1に示す実施形態1の半導体レーザについて、リア端面に形成される誘電体膜9a、9bの膜厚と反射率との関係を図4（a）に示す。また、誘電体膜9a、9bが形成されたリア端面について、波長と反射率との関係を図4（b）に示す。前述したように、1層目の誘電体膜9aは Al_2O_3 （屈折率 $n_1 = 1.62$ ）からなり、膜厚は1100nmである。2層目の誘電体膜9bはアモルファスシリコン（屈折率 $n_2 = 3.25$ ）からなり、膜厚は50nmである。

【0045】実施形態1において前述したように、1層目の Al_2O_3 膜については、発振波長 $\lambda_1 = 650nm$ ※

$$\sum n_{ji} \cdot d_i / \lambda_i = m_i / 4$$

（但し、 n_{ji} は発振波長 λ_i におけるj層目の誘電体膜の屈折率を表し、 d_i はj層目の誘電体膜の膜厚を表す。）

また、前述した（6）式の関係も成り立っている。

【0048】リア端面の誘電体膜を上記の構成とした場合について、波長と反射率との関係を図4（b）に示した。図4（b）に示すように、レーザダイオードA、Bのいずれの発振波長においても反射率がほぼ極大となり、反射率の変動が抑制される。したがって、レーザダイオードA、Bの両方に対して70%以上の安定した反射率が得られる。

【0049】（実施形態4）端面に形成するコート膜を複層とする場合、実施形態3とは逆に、2層目の誘電体

*ドB（発振波長 $\lambda_2 = 780nm$ ）については誘電体膜8の膜厚 d_8 が165.3nmおよびその倍数のときに反射率が極大となる。

【0042】図3（a）に示すように、誘電体膜8の膜厚をほぼ661nmにしたとき、2つの発振波長の差による位相のずれが 2π となる。このときの波長と反射率との関係を図3（b）に示した。図3（b）に示すように、レーザダイオードA、Bのいずれの発振波長においても反射率が極大となる。したがって、両方のレーザダイオードにおいて反射率の変動が抑制される。

【0043】本実施形態の場合にも、実施形態1の（4）～（6）式に示す関係が満たされている。具体的には、

※mに対して膜厚 d_{j0} が200.6nmおよびその倍数のときに反射率が極大となり、発振波長 $\lambda_2 = 780nm$ に対して膜厚 d_{j0} が240.7nmおよびその倍数のときに反射率が極大となる。したがって、反射率の極大値が得られる膜厚にはほぼ40nmの差があり、両方の発振波長に対して反射率を安定させることは困難である。

【0046】一方、本実施形態によれば、1層目の誘電体膜9aの膜厚を1100nmとすることにより、発振波長 λ_1 、 λ_2 のそれぞれに対して反射率がほぼ極小となり、2つの発振波長の差による位相のずれが 2π に近くなる。さらに、2層目のアモルファスシリコン膜9bについては、（3）式に示したように、発振波長 $\lambda_1 = 650nm$ に対して膜厚が50.0nmのときに反射率が極大となる。また、同様な計算から発振波長 $\lambda_2 = 780nm$ に対しては、膜厚が60.0nmのときに反射率が極大となる。

【0047】ここで、本実施形態の場合には、以下に示す関係が λ_1 および λ_2 （ $i = 1$ または2）について、それぞれ満たされている。

$$(m_i \text{ は整数}) \cdots (7)$$

膜の膜厚を1層目の誘電体膜の膜厚より大きくすることもできる。例えば、1層目に Al_2O_3 膜を膜厚110nmで、2層目にアモルファスシリコン膜を膜厚540nmで形成した場合の膜厚と反射率との関係を図5（a）に示す。図5（a）に示すように、誘電体膜9a、9bの膜厚を上記の組み合わせとすることにより、発振波長 $\lambda_1 = 650nm$ 、発振波長 $\lambda_2 = 780nm$ の両方に対して反射率をほぼ極大とすることができる。

【0050】前述した（2）式のように、1層目の誘電体膜（ Al_2O_3 膜）9aについては、発振波長 $\lambda_1 = 650nm$ に対して膜厚が100.3nmおよびその倍数のときに、反射率が極小となる。同様な計算から、発振波長 $\lambda_2 = 780nm$ に対しては、膜厚が120.4

nmおよびその倍数のときに、反射率が極小となる。A1, O, 膜9aの膜厚を110nmとすることにより、発振波長 λ_1 、 λ_2 の両方に対して反射率が極小値近傍となる。

【0051】さらに、2層目の誘電体膜（アモルファスシリコン膜）9bについては、(3)式に示したように、発振波長 $\lambda_1 = 650\text{nm}$ に対して膜厚が50.0nmおよびその奇数倍のときに反射率が極大となる。また、同様な計算から発振波長 $\lambda_2 = 780\text{nm}$ に対しては、膜厚が60.0nmおよびその奇数倍のときに反射

率が極大となる。アモルファスシリコン膜9bの膜厚を540nmとすることにより、2つの発振波長の差による位相のずれがほぼ 2π となる。また、発振波長 λ_1 、 λ_2 の両方に対して反射率がほぼ極大値となる。

【0052】リア端面の誘電体膜を上記の構成とした場合について、波長と反射率との関係を図5(b)に示した。図5(b)に示すように、レーザダイオードA、Bのいずれの発振波長においても反射率がほぼ極大となり、反射率の変動が抑制される。したがって、レーザダイオードA、Bの両方に対して70%以上の安定した反

射率が得られる。

【0053】本実施形態によれば、リア端面に形成される誘電体膜9a、9bの膜厚の合計が650nmとなり、実施形態3の場合の1150nmに比較して半分近くまで誘電体膜を薄膜化することができる。したがって、誘電体膜の構成材料の組み合わせによっては、成膜時間を短縮することも可能である。

【0054】（実施形態5）上記の実施形態3のリア端面に形成される誘電体膜において、誘電体膜9aあるいは9bに波長分散のある材料を用いると、誘電体膜を薄膜化することが可能となる。実施形態3の1層目の誘電体膜（A1, O, 膜）9aにかえて、例えばTiO₂系材料（波長650nmにおける屈折率 $n_{\lambda_1} = 2.337$ 、波長780nmにおける屈折率 $n_{\lambda_2} = 2.316$ ）を用い、膜厚を760nmとした。また、2層目の誘電体膜9bはアモルファスシリコン（屈折率 $n_2 = 3.25$ ）からなる膜厚55nmの層とした。この場合の誘電体膜9a、9bの膜厚と反射率との関係を図6(a)に示す。

【0055】前述した(1)式と同様な計算から、レーザダイオードA（発振波長 $\lambda_1 = 650\text{nm}$ ）については1層目の誘電体膜（TiO₂膜）9aの膜厚 d_{9a} が139.1nmおよびその倍数のときに反射率が極大となる。また、レーザダイオードB（発振波長 $\lambda_2 = 780\text{nm}$ ）についてはTiO₂膜9aの膜厚 d_{9a} が168.4nmおよびその倍数のときに反射率が極大となる。図6(a)に示すように、TiO₂膜9aの膜厚をほぼ760nmにしたとき、発振波長 λ_1 、 λ_2 のそれぞれに対して反射率がほぼ極小となり、2つの発振波長の差による位相のずれが 2π となる。

【0056】さらに、2層目のアモルファスシリコン膜9bについては、(3)式に示したように、発振波長 $\lambda_1 = 650\text{nm}$ に対して膜厚 d_{9b} が50.0nmのときに反射率が極大となる。また、同様な計算から発振波長 $\lambda_2 = 780\text{nm}$ に対しては、膜厚 d_{9b} が60.0nmのときに反射率が極大となる。したがって、誘電体膜9bの膜厚 d_{9b} を55nmとし、9a、9bの膜厚の合計を815nmとすることにより、発振波長 λ_1 、 λ_2 の両方に対して反射率はほぼ極大となる。

【0057】リア端面の誘電体膜を上記の構成とした場合について、波長と反射率との関係を図6(b)に示した。図6(b)に示すように、レーザダイオードA、Bのいずれの発振波長においても反射率がほぼ極大となり、反射率の変動が抑制される。したがって、レーザダイオードA、Bの両方に対して安定した反射率が得られる。

【0058】本実施形態の場合にも、実施形態1の(6)式および実施形態3の(7)式に示す関係が満たされている。リア端面についても、各発振波長における光学長が、位相差の観点から $\lambda/4$ の整数倍となっていれば、波長分散のある材料を用いることができる。本実施形態によれば、実施形態3に比較して誘電体膜9a、9bの膜厚の合計を薄くすることができる。したがって、膜種の組み合わせ、あるいは成膜方法によっては成膜時間を短縮することも可能である。

【0059】（実施形態6）上記の実施形態1～5においては、それぞれ発振波長 λ_1 、 λ_2 に対する反射率が同じ程度となる場合を示したが、多層コートの場合には1層目の誘電体膜の膜厚を制御することにより、各発振波長に対する反射率を異ならせることも可能である。例えば、実施形態3に示すA1, O, 膜とアモルファスシリコン膜とを積層させた膜構成において、A1, O, 膜の膜厚を変更した例を図7(a)および(b)に示す。図7(a)はA1, O, 膜の膜厚を1010nmとした場合の波長と反射率との関係を示し、図7(b)はA1, O, 膜の膜厚を960nmとした場合の波長と反射率との関係を示す。図7(a)および(b)においては、いずれも、一方の発振波長でノンコートの端面反射率にほぼ等しい30%強となり、他方の発振波長で50%以上の高反射率が実現されている。

【0060】端面の反射率を変化させた場合、レーザ特性のうち、発振しきい値電流の他に微分効率も変化するため、動作電流などにも影響が生じる。これにより、用途に応じた特性に調整することが可能となる。例えば、リア端面の反射率を高くすると、より多くの光をフロント端面から放出させることが可能となるため、大出力のレーザに好適となる。一方、フロント端面の反射率を高くすると、戻り光による出力の変動が抑制されるため、アイソレータが不要となる。また、フロントおよびリアの両端面の反射率を高くすると、発振しきい値電流を下

げ、それに伴い微分効率を下げるができるため、出力制御が容易となる。

【0061】本発明の半導体レーザの実施形態は、上記の説明に限定されない。例えば、上記の実施形態においては650nm帯と780nm帯の波長の組み合わせの場合を示したが、他の波長の組み合わせであってもよい。また、ブロードエリア型、垂直共振器型の半導体レーザ等にも適用可能である。活性層の導波構造は電流狭窄構造に限定されず、屈折率導波構造など他の構造であってもよい。また、本発明の半導体レーザに設けられる端面コートを、複数の特定の波長の光を透過する光学部品の表面に形成することにより、光学部品の反射率を制御することが容易となる。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。

【0062】

【発明の効果】本発明の半導体レーザによれば、発振波長の異なる複数のレーザ光を出射可能である半導体レーザにおいて、活性層の端面の反射率の変動を抑制し、各発振波長においてレーザ光の出力を安定させることが可能となる。本発明の光学部品用コート膜によれば、複数の特定の波長の光を透過する光学部品において、表面の反射率の変動を抑制し、表面の反射率の制御を容易に行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は従来および本発明の実施形態1～6に示す半導体レーザの斜視図であり、(b)は対応する上面図である。

【図2】本発明の実施形態1に係り、(a)は半導体レ

ーザのフロント端面に形成される誘電体膜の膜厚と反射率との関係を示す図、(b)は波長と反射率との関係を示す図である。

【図3】本発明の実施形態2に係り、(a)は半導体レーザのフロント端面に形成される誘電体膜の膜厚と反射率との関係を示す図、(b)は波長と反射率との関係を示す図である。

【図4】本発明の実施形態3に係り、(a)は半導体レーザのリア端面に形成される誘電体膜の膜厚と反射率との関係を示す図、(b)は波長と反射率との関係を示す図である。

【図5】本発明の実施形態4に係り、(a)は半導体レーザのリア端面に形成される誘電体膜の膜厚と反射率との関係を示す図、(b)は波長と反射率との関係を示す図である。

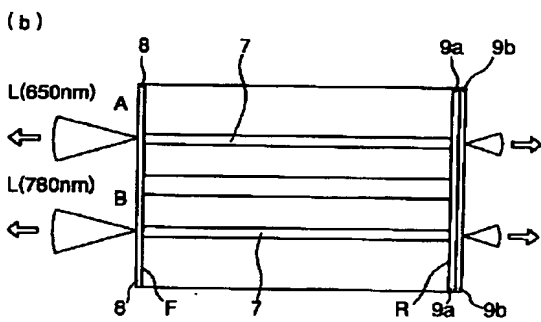
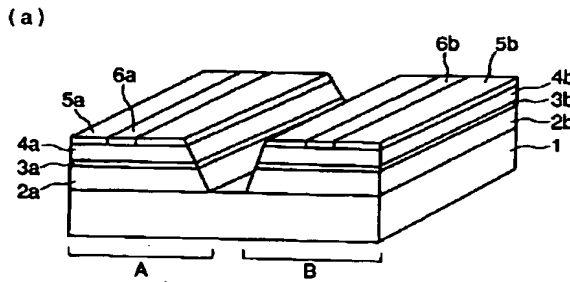
【図6】本発明の実施形態5に係り、(a)は半導体レーザのリア端面に形成される誘電体膜の膜厚と反射率との関係を示す図、(b)は波長と反射率との関係を示す図である。

【図7】本発明の実施形態6に係り、(a)および(b)は波長と反射率との関係を示す図である。

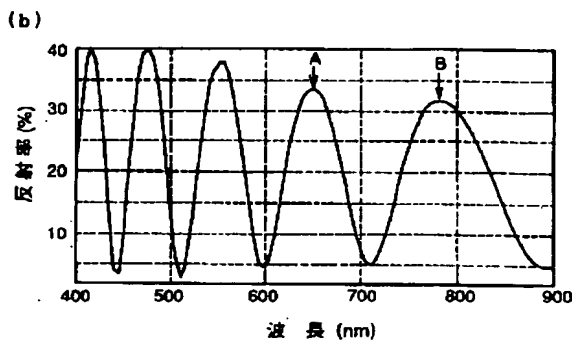
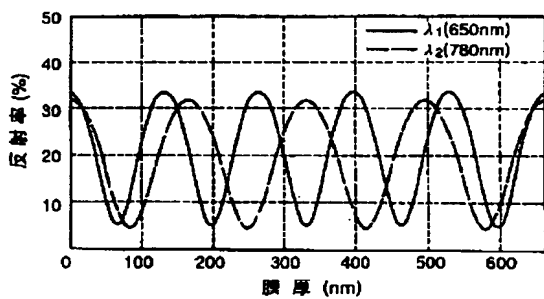
【符号の説明】

1…基板、2a、2b…n-クラッド層、3a、3b…活性層、4a、4b…p-クラッド層、5a、5b…キャップ層、6a、6b…ストライプ、7…発光領域(光導波路)、8…フロント端面の誘電体膜、9a…リア端面の1層目の誘電体膜、9b…リア端面の2層目の誘電体膜。

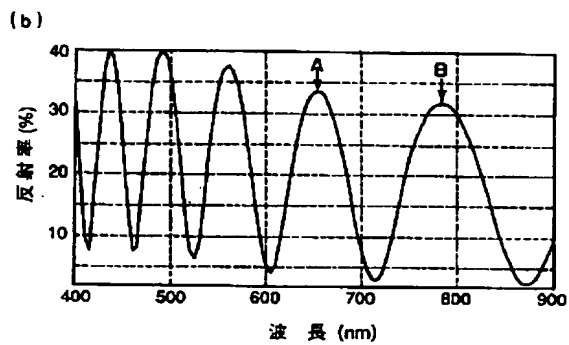
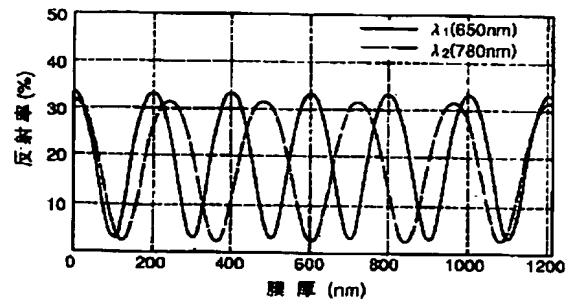
【図1】



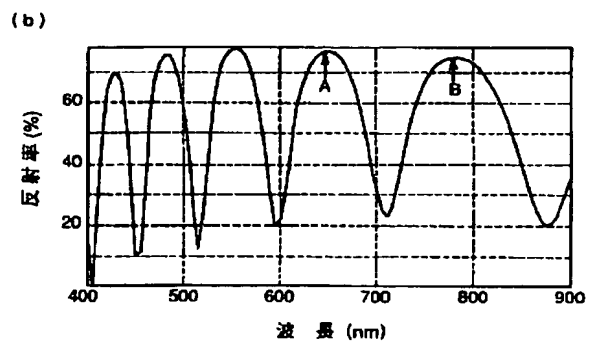
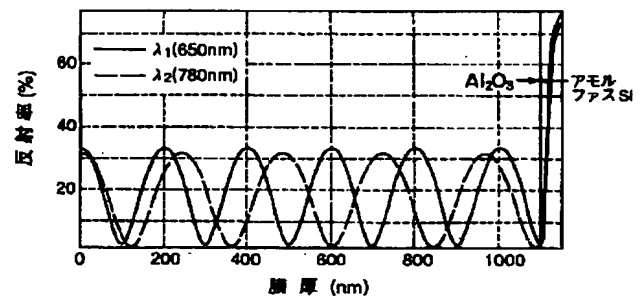
【図3】

(a) (実施形態2) フロント端面、TiO₂ コート

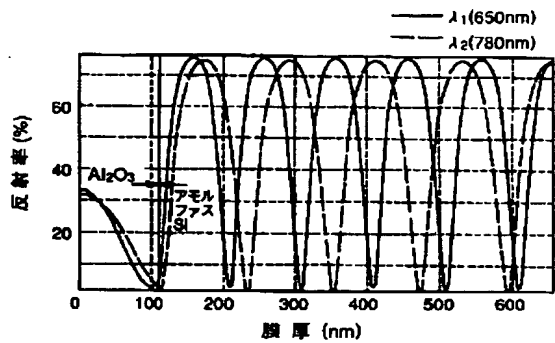
【図2】

(a) (実施形態1) フロント端面、Al₂O₃ コート

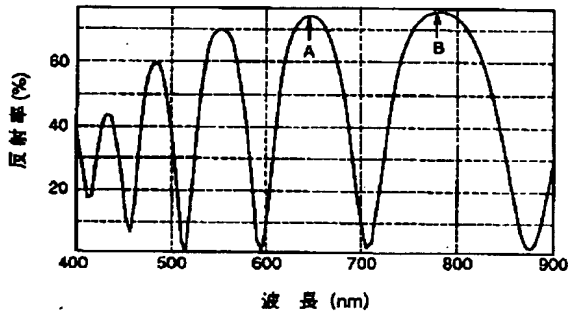
【図4】

(a) (実施形態3) リア端面、Al₂O₃/アモルファスSi コート

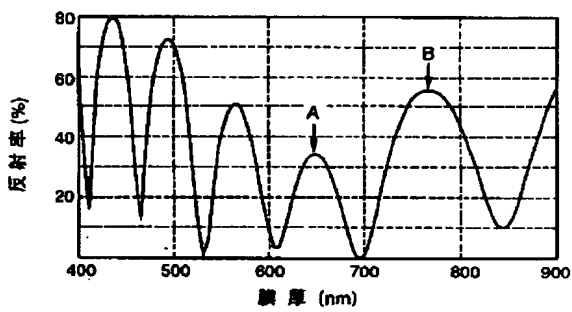
【図5】

(a) (実施形態4) リア端面、 Al_2O_3 /アモルファスSi コート

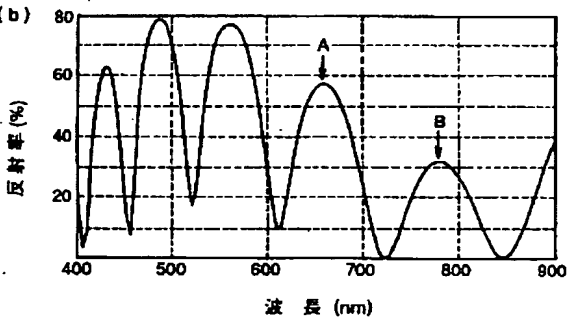
(b)



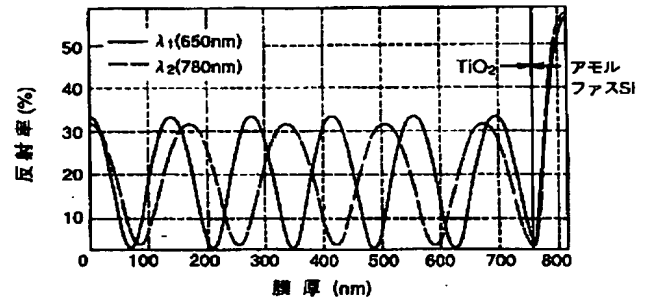
【図7】

(a) (実施形態6) 複層コート、 Al_2O_3 /アモルファスSi

(b)



【図6】

(a) (実施形態5) リア端面、 TiO_2 /アモルファスSi コート

(b)

